

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-011319

(43)Date of publication of application : 14.01.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/31

G11B 5/39

(21)Application number : 10-173304

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 19.06.1998

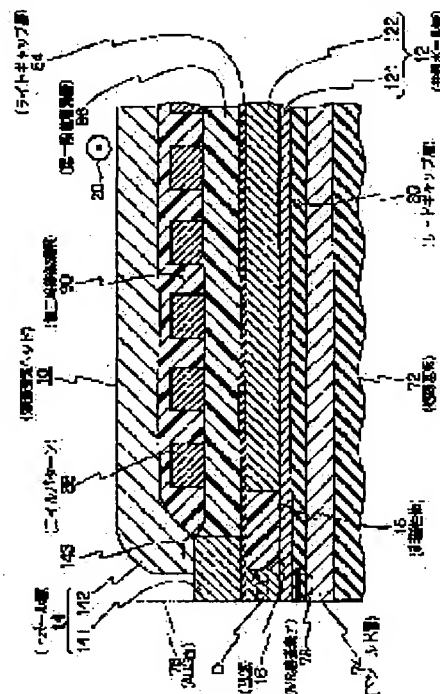
(72)Inventor : URAI HARUO
SAITO SHINSAKU
TOBA TAMAKI

(54) THIN FILM MAGNETIC HEAD AND MAGNETIC STORAGE DEVICE USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent degradation of high frequency characteristics attendant with narrowing of a track.

SOLUTION: A thin film magnetic head 10 is constituted by laminating a lower shielding layer 74, a read gap layer 80 holding a MR magnetic sensitive element 78 between ABS surfaces 76, a common pole layer 12 serving both as an upper shielding layer and a lower pole layer and a write gap layer 84 in this order on an insulating substrate 72, laminating a first level difference dissolving layer 86, a coil pattern layer 88 and a second level difference dissolving layer 90 in this order on the write gap layer 84 except the vicinity of the ABS surface 76 and laminating an upper pole layer 14 on the write gap layer 84 near the ABS surface 76 and the second level difference dissolving layer 90. Thereby the easily-magnetized axis of the upper pole layer 14 on the ABS surface 76 is in the film thickness direction of the upper pole layer 14 and the high frequency characteristics of magnetization rotation mode is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.06.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 19.02.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3324507

[Date of registration] 05.07.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-11319

(P 2000-11319A)

(43) 公開日 平成12年1月14日 (2000. 1. 14)

| | | | |
|-----------------|------|---------|-------------|
| (51) Int. Cl. 7 | 識別記号 | F I | テーマコード (参考) |
| G 1 1 B | 5/31 | G 1 1 B | 5/31 |
| | | | C 5D033 |
| | | | D 5D034 |
| | | | K |
| | 5/39 | 5/39 | |

審査請求 有 請求項の数 12 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-173304

(22) 出願日 平成10年6月19日 (1998. 6. 19)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 浦井 治雄

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 斉藤 信作

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100079164

弁理士 高橋 勇

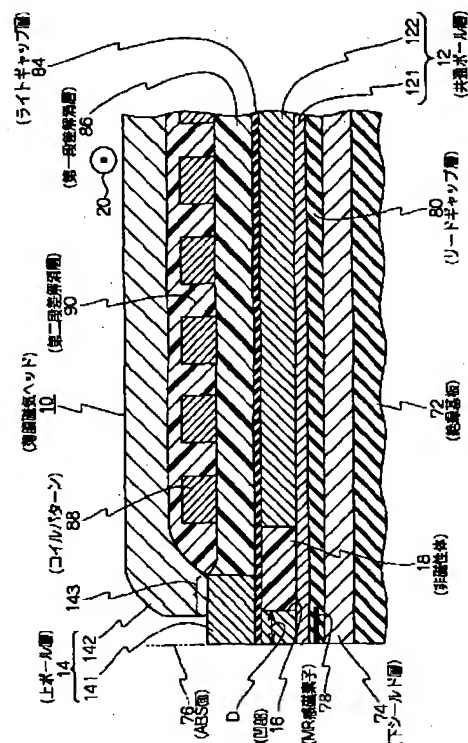
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド及びこれを用いた磁気記憶装置

(57) 【要約】

【課題】 狭トラック化に伴う高周波特性の劣化を防ぐ。

【解決手段】 本発明の薄膜磁気ヘッド10は、絶縁基板72上に、下シールド層74、ABS面76にMR感磁素子78を挟持したリードギャップ層80、上シールド層と下ポール層とを兼ねる共通ポール層12及びライトギャップ層84がこの順に積層され、ABS面76近傍を除くライトギャップ層84上に、第一段差解消層86、コイルパターン層88及び第二段差解消層90がこの順に積層され、ABS面76近傍のライトギャップ層84上及び第二段差解消層90上に上ポール層14が積層されてなるものである。ABS面76における上ポール層14の磁化容易軸が上ポール層14の膜厚方向であるので、磁化回転モードの高周波特性となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ABS 面において、下ポール層、ライトギャップ層及び上ポール層が順次積層されてなる、薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記上ポール層は、ABS 面に臨む先端部と、この先端部に接続部を介して接続されたヨーク部とからなり、ABS 面における前記先端部の磁化容易軸が当該先端部の膜厚方向であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 下ポール層上にライトギャップ層が積層され、ABS 面近傍を除く前記ライトギャップ層上に、第一段差解消層、コイルパターン層及び第二段差解消層がこの順に積層され、少なくとも ABS 面近傍の前記ライトギャップ層上に上ポール層が積層されてなる、薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記上ポール層は、ABS 面に臨む先端部と、この先端部に接続部を介して接続されたヨーク部とからなり、ABS 面における前記先端部の磁化容易軸が当該先端部の膜厚方向であり、

ABS 面から離れた位置の前記下ポール層に凹部が設けられ、この凹部に非磁性体が充填され、この凹部によって前記上ポール層と前記下ポール層との間のギャップ深さが規定されている、ことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 絶縁基板上に、下シールド層、ABS 面に MR 感磁素子を挟持したリードギャップ層、上シールド層と下ポール層とを兼ねる共通ポール層及びライトギャップ層がこの順に積層され、ABS 面近傍を除く前記ライトギャップ層上に、第一段差解消層、コイルパターン層及び第二段差解消層がこの順に積層され、少なくとも ABS 面近傍の前記ライトギャップ層上に上ポール層が積層されてなる、薄膜磁気ヘッドにおいて、前記上ポール層は、ABS 面に臨む先端部と、この先端部に接続部を介して接続されたヨーク部とからなり、ABS 面における前記先端部の磁化容易軸が当該先端部の膜厚方向であり、ABS 面から離れた位置の前記共通ポール層に凹部が設けられ、この凹部に非磁性体が充填され、この凹部によって前記上ポール層と前記下ポール層との間のギャップ深さが規定されている、ことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 前記 MR 感磁素子が GMR 型である、請求項 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】 前記下シールド層がスパッタ法により成膜されたものである、請求項 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】 前記上ポール層の少なくとも前記先端部は、飽和磁束密度が 1.6 T 以上の材料からなる、請求項 1、2 又は 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 7】 ABS 面における前記先端部は、その膜厚 t とこの膜厚 t に垂直な先端幅 W との関係が $t > W$ となっている、請求項 1、2 又は 3 記載の薄膜磁気ヘッ

ド。

【請求項 8】 ABS 面における前記先端部は、その膜厚 t とこの膜厚 t に垂直な先端幅 W との関係が $t > 3W$ となっている、請求項 1、2 又は 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 9】 前記凹部の ABS 面側の淵の形状が ABS 面に近づくにつれて狭くなっている、請求項 2 又は 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 10】 前記接続部における前記ヨーク部は、前記先端部の上面及び両側面と前記ライトギャップ層とに接触している、請求項 1、2 又は 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 11】 請求項 1、2 又は 3 記載の薄膜磁気ヘッドと、磁気記憶媒体と、この磁気記憶媒体と前記薄膜磁気ヘッドとの間で相対運動を生じさせる駆動手段とを備えた磁気記憶装置。

【請求項 12】 前記磁気記憶媒体のトラック幅が 1.2 μm 以下である、請求項 11 記載の磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、インダクティブ型の薄膜磁気ヘッド、及びこれを用いた磁気記憶装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ハードディスク装置の記録密度の上昇には目覚ましいものがある。1990 年以降の記録密度を見ると、年率でほぼ 60% の割合で上昇する傾向にある。ハードディスク装置の記録密度を向上させるには、磁気ヘッドのトラック幅を狭くすることにより、記録トラック密度を向上させる必要がある。さらに、記録密度の向上のためには、記録ビット密度の向上も同程度に重要である。記録ビット密度の向上に対しては、磁気記憶媒体の抗磁力 (H_c) の増大が必要であるが、高 H_c の磁気記憶媒体への書き込みには記録能力の高いインダクティブ記録ヘッドが必要となる。さらに、微小な記録ビットからの信号を効率よく検出するためには、MR 再生ヘッドが必要となる。したがって、MR 再生ヘッドとインダクティブ記録ヘッドとを組み合わせた、MR・インダクティブ複合型の薄膜磁気ヘッドが高密度記録に対して有望である。

【0003】図 11 は、従来の薄膜磁気ヘッドを示す断面図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0004】従来の薄膜磁気ヘッド 70 は、絶縁基板 72 上に、下シールド層 74、ABS 面 76 に MR 感磁素子 78 を挟持したリードギャップ層 80、上シールド層と下ポール層とを兼ねる共通ポール層 82 及びライトギャップ層 84 がこの順に積層され、ABS 面 76 近傍を除くライトギャップ層 84 上に、第一段差解消層 86、コイルパターン層 88 及び第二段差解消層 90 がこの順に積層され、ABS 面 76 近傍のライトギャップ層 84

上及び第一段差解消層86上並びに第二段差解消層90上に上ボール層92が積層されてなる。

【0005】共通ボール層82は、MR再生ヘッドの再生分解能を向上させる上シールド層と、インダクティブ記録ヘッドの下ボール層との役割を兼ねている。MR感磁素子78は、ABS面76で対向する図示しない磁気記憶媒体からの信号磁界を検出する。ライトギャップ層84の膜厚は、インダクティブ記録ヘッドのギャップとなる。第一段差解消層86はコイルパターン層88の絶縁土台となり、第二段差解消層90はコイルパターン層88の凹凸を解消する。ABS面76近傍におけるライトギャップ層84上の第一段差解消層86のない部分は、インダクティブ記録ヘッドのギャップ深さDを規定する。記録トラック幅は、上ボール層92の先端幅W(図示せず)により決定される。なお、先端幅Wとは、上ボール層92のABS面76(先端部)における図面に垂直な方向での幅のことであり、図2等に表示されている。

【0006】高密度記録時の記録能力を高めるためには、ギャップ深さDを1 μ m程度以下に小さくする必要がある。また、高記録密度に対応するためには、できるだけ狭い先端幅Wを持つ上ボール層92を実現することが必要である。さらに、記録密度(特に線記録密度)が高くなると記録再生のデータ転送レートも高くなるので、高密度記録対応の磁気ヘッドには高速記録能力が必要とされる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】第一の課題は、ギャップ深さD及び先端幅Wを微細化するための、十分なパターン精度が得られないという点である。以下に詳しく説明する。

【0008】必要なギャップ深さDを形成するためには、ギャップ深さDを規定する第一段差解消層86を、ABS面76側にかかり接近させなければならない。そのため、従来の薄膜磁気ヘッド70では、上ボール層92をフレームメッキ法で形成するためのレジストフレームパターン(図示せず)を形成するときに、次のような問題があった。

【0009】第一段差解消層86、コイルパターン層88及び第二段差解消層90が順次積層された後、レジストフレームパターンが形成される。このとき、先端部において、ライトギャップ層84と第二段差解消層90との間には大きな段差が生じている。そのため、先端部におけるレジストフレームパターンのレジスト膜厚が例えば10 μ m以上になるので、細いパターンを露光形成する際の精度が低下する。また、第一段差解消層86及び第一段差解消層90の先端側は曲面形状になっている。そのため、その曲面に露光時の光が反射することにより、レジストフレームパターンのABS面76近傍にオーバー露光が生じやすい。

【0010】その結果、上ボール層92の先端部を形成するためのレジストフレームパターンは、大膜厚かつ部分的オーバー露光により狭トラックパターンが得られなくなる。したがって、必要なギャップ深さDを得ようとすると、必要な先端幅Wが得にくくなる。

【0011】第二の課題は、先端幅Wの微細化すなわち狭トラック化を実現したとすると、高周波特性が劣化してしまう点である。以下に詳しく説明する。

【0012】図12は、磁性薄膜の磁区構造を示す説明図である。図13は、磁性薄膜の透磁率の周波数依存性を示すグラフである。以下、図11乃至図13に基づき説明する。

【0013】薄膜磁気ヘッド70の記録特性/再生特性の周波数応答は、その記録ボール磁区形状に大きく依存する。図12に示すように、シート状の磁性薄膜100の透磁率は、磁性薄膜100の磁化容易軸102の方向と、外部から印加される信号磁界110の方向とにより大きく変わる。磁性薄膜100内の磁区構造は、磁化容易軸102に平行な磁化方向104aを有する磁区106aが大部分を占め、磁化容易軸102に垂直な磁化方向104bを有する三角形形状の磁区106bが磁区106aに隣接することにより、磁性薄膜パタンの端部に磁界が出ないような還流磁区構造となっている。それぞれの磁区106a、106bの境界が磁壁108である。

【0014】図12〔1〕に示すように、磁化容易軸102と信号磁界110とが直行する場合を「回転磁化モード」という。図12〔2〕に示すように、磁化容易軸102と信号磁界110とが平行である場合を「磁壁移動モード」という。図13に示すように、回転磁化モードは、磁壁移動モードよりも高周波特性が2桁程度良好である。これは、磁化の回転速度は、磁壁の移動速度よりも2〜3桁速いことによる。

【0015】これを反映して、従来の薄膜磁気ヘッドは、C.D.Mee & E.D.Daniel編、MacGraw Hill社発行の“Magnetic Recording Technology, 2nd Edition (1996年発行)”のFig.6.29(p.6.34)及びFig.6.30(p.6.35)に示される磁区構造、即ち信号磁界に垂直な磁気異方性を持ち、記録ボール先端で信号磁界に垂直な磁化を持つ磁区構造をとるように形成される。

【0016】図14は従来の薄膜磁気ヘッドの磁区構造を示す説明図であり、図14〔1〕が平面図、図14〔2〕が正面図である。図15は狭トラックにした場合の従来の薄膜磁気ヘッドの磁区構造を示す説明図であり、図15〔1〕が平面図、図15〔2〕が正面図である。以下、図11、図14及び図15に基づき説明する。

【0017】図14に示すように、薄膜磁気ヘッド70において、共通ボール層82及び上ボール層92の磁区構造は、信号磁界110に磁化容易軸102が直行するように形成される。これにより、回転磁化モードを実現

している。

【0018】しかしながら、図15に示すように、記録トラック幅が小さくなると、上ポール層92の先端部では、パタン端辺の反磁界の増大を防ぐために、磁化容易軸102が信号磁界110に垂直であっても、磁化はパタン端辺に沿った配置になる。この上ポール層92の先端部の磁区構造では、信号磁界110に対する磁化の応答が磁壁移動モードとなるので、高周波特性が劣化する。

【0019】

【発明の目的】そこで、本発明の目的は、狭トラック化による高周波特性の劣化を招くことなく、ギャップ深さD及び先端幅Wを精度良く微細化することのできる薄膜磁気ヘッド、及びこれを用いた磁気記憶装置を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、ABS面において、下ポール層、ライトギャップ層及び上ポール層が順次積層されてなるものである。そして、前記上ポール層がABS面に臨む先端部とこの先端部に接続部を介して接続されたヨーク部とからなり、ABS面における前記先端部の磁化容易軸が当該先端部の膜厚方向になっている。上ポール層の先端部の磁化容易軸は、先端部の膜厚方向であるため、信号磁界と垂直となる。そのため、記録時の周波数応答が磁化回転モードとなる。

【0021】請求項2記載の薄膜磁気ヘッドは、下ポール層上にライトギャップ層が積層され、ABS面近傍を除く前記ライトギャップ層上に、第一段差解消層、コイルパターン層及び第二段差解消層がこの順に積層され、少なくともABS面近傍の前記ライトギャップ層上に上ポール層が積層されてなるものである。そして、前記上ポール層がABS面に臨む先端部とこの先端部に接続部を介して接続されたヨーク部とからなり、ABS面における前記先端部の磁化容易軸が当該先端部の膜厚方向であり、ABS面から離れた位置の前記下ポール層に凹部が設けられ、この凹部に非磁性体が充填され、この凹部によって前記上ポール層と前記下ポール層との間のギャップ深さが規定されている。

【0022】ギャップ深さは、ABS面から第一段差解消層の先端までの距離によって規定されるのではなく、ABS面から凹部の淵までの距離によって規定される。凹部は平坦な下ポール層に形成されるので、凹部を形成するためのフォトリソグラフィ技術における問題点は生じない。また、上ポール層の先端部を形成するためのレジストフレームパターンは、第一段差解消層をABS面から十分に離すことができるので、膜厚が大きくなったり、オーバー露光になったりすることがない。したがって、上ポール層の先端部の幅を狭くできる。この幅を狭くしても、前述の理由により、記録時の周波数応答は磁

化回転モードとなる。

【0023】請求項3記載の薄膜磁気ヘッドは、絶縁基板上に、下シールド層、ABS面にMR感磁素子を挟持したリードギャップ層、上シールド層と下ポール層とを兼ねる共通ポール層及びライトギャップ層がこの順に積層され、ABS面近傍を除く前記ライトギャップ層上に、第一段差解消層、コイルパターン層及び第二段差解消層がこの順に積層され、少なくともABS面近傍の前記ライトギャップ層上に上ポール層が積層されてなるものである。そして、前記上ポール層がABS面に臨む先端部とこの先端部に接続部を介して接続されたヨーク部とからなり、ABS面における前記先端部の磁化容易軸が当該先端部の膜厚方向であり、ABS面から離れた位置の前記共通ポール層に凹部が設けられ、この凹部に非磁性体が充填され、この凹部によって前記上ポール層と前記下ポール層との間のギャップ深さが規定されている。すなわち、請求項3記載の薄膜磁気ヘッドは、MR再生ヘッドとインダクティブ記録ヘッドとを組み合わせた、MR・インダクティブ複合型の薄膜磁気ヘッドである。

【0024】請求項4乃至10記載の薄膜磁気ヘッドは、請求項1、2又は3記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、構成要素の一部を限定したものである。請求項11又は12記載の磁気記憶装置は、請求項1、2又は3記載の薄膜磁気ヘッドを用いたものである。

【0025】請求項4記載の薄膜磁気ヘッドは、請求項3記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記MR感磁素子がGMR型である。GMR感磁素子の膜構成は、例えば、下シールド層側からTa(3nm)、NiFe(8nm)、CoFe(1nm)、Cu(2.5nm)、CoFe(3nm)、NiMn(30nm)である。このMR感磁素子は、磁気抵抗比が約5%と従来のMR感磁素子の磁気抵抗比の約2倍であり、狭トラック高密度の再生磁気ヘッドとして適したものとなっている。

【0026】請求項5記載の薄膜磁気ヘッドは、請求項3記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下シールド層がスパッタ法により成膜されたものである。例えば、下シールド層は、非晶質CoTaMoをスパッタ成膜し、膜形成後350℃で異方性付与磁界中で熱処理をし、しかる後に下シールドパタン形状をイオンミリングで形成する。下シールド層がスパッタ膜であると、その表面はメッキ法で作製したNiFe膜の表面よりも結晶粒径が小さく滑らかとなる。そのために、その上に設けるMR感磁素子の特性が良好となる。

【0027】請求項6記載の薄膜磁気ヘッドは、請求項1、2又は3記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記上ポール層の少なくとも前記先端部が、飽和磁束密度1.6T以上の材料からなる。そのような材料は、例えば、飽和磁束密度が1.8T以上であるCoFeNi系材料である。これにより、記録トラック幅が狭くなることによる発生記録磁界の減少を補償することが可能となり、狭トラック記

録に適した磁気ヘッドが実現される。

【0028】請求項1、2又は3記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、ABS面における前記先端部の膜厚を t 、この膜厚 t に垂直な先端幅を W とする。請求項7記載の薄膜磁気ヘッドでは $t > W$ 、請求項8記載の薄膜磁気ヘッドでは $t > 3W$ となっている。 $t > W$ であると、磁性体内部の反磁界の差による形状異方性が膜厚方向に形成される。この形状異方性による磁化容易軸が膜厚方向に形成されるには、イントリンシックな磁気異方性と、ポールハイトラップ等の応力による歪み誘導異方性とを考慮すると、 $t > 3W$ であることが好ましい。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明に係る実施形態を説明する。ただし、全図において、同一部分には同一符号を付すこととし、これにより重複説明を省略する。

【0030】図1及び図2は本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第一実施形態（基本構成）を示し、図1は図2におけるI-I線縦断面図、図2は一部を省略した斜視図である。以下、これらの図面にに基づき説明する。

【0031】本実施形態の薄膜磁気ヘッド10は、絶縁基板72上に、下シールド層74、ABS面76にMR感磁素子78を挟持したリードギャップ層80、上シールド層と下ポール層とを兼ねる共通ポール層12及びライトギャップ層84がこの順に積層され、ABS面76近傍を除くライトギャップ層84上に、第一段差解消層86、コイルパターン層88及び第二段差解消層90がこの順に積層され、ABS面76近傍のライトギャップ層84上及び第二段差解消層90上に上ポール層14が積層されてなるものである。そして、ABS面76から離れた位置の共通ポール層12に凹部16が設けられ、凹部16に非磁性体18が充填され、凹部16によって上ポール層14と共通ポール層12との間のギャップ深さ D が規定されている。ギャップ深さ D を図1に、先端幅 W を図2にそれぞれ示す。

【0032】MR感磁素子78、下シールド層74、リードギャップ層80、上シールド層としての共通ポール層12等により、MR再生ヘッドが構成されている。下ポール層としての共通ポール層12、ライトギャップ層84、第一段差解消層86、コイルパターン層88、第二段差解消層90、上ポール層14等により、インダクティブ記録ヘッドが構成されている。共通ポール層12は、下側の共通ポール層121と上側の共通ポール層122とからなり、共通ポール層122の一部が貫通して凹部16となっている。上ポール層14は、ABS面76に臨む先端部141と、先端部141に接続するヨーク部142とからなる。先端部141とヨーク部142とは、接続部143を介して接続されている。凹部16には、レジストからなる非磁性体18が平坦に埋め込まれている。共通ポール層122の表面と非磁性体18の

表面とは、面一になっている。先端部141及び共通ポール層12には、飽和磁束密度(B_s)が1.4~2.1Tの高 B_s 材料が使用されている。

【0033】ギャップ深さ D は、ABS面76から第一段差解消層86の先端までの距離によって規定されるのではなく、ABS面76から凹部16の淵までの距離によって規定される。凹部16は、平坦な下ポール層としての共通ポール層12に形成される。そのため、凹部16を形成するフォトリソグラフィ技術では、特に問題点は生じない。また、先端部141を形成するためのレジストフレームパターン（図示せず）は、第一段差解消層86及び第二段差解消層90をABS面76から十分に離すことができるので、膜厚が大きくなったり、オーバー露光になったりすることがなく、高精度の狭トラックパターンが得られる。

【0034】共通ポール層12の磁化容易軸12Aは、信号磁界110に実質的に垂直である。先端部141の磁化容易軸141Aは、実質的に膜厚方向（即ち磁性膜面に垂直）に平行である。ヨーク部142の磁化容易軸142Aは、磁性膜面内で信号磁界110に垂直である。先端部141の膜厚 t と先端幅 W とは、 $t > W$ の関係になっている。

【0035】図3乃至図5は、図1の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例を示す断面図である。この断面図は、図1と同様、薄膜磁気ヘッドの記録トラック幅中心部で切断したものである。以下、この図面にに基づき、図1の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する。

【0036】プロセス(a) …図3(a)

まず、スライダ材料となる Al_2O_3-TiC セラミック基板に Al_2O_3 絶縁層を設けた絶縁基板72上に、NiFe下地膜（図示せず）をメッキ法で成膜する。続いて、露光現像工程で所定のレジストパターンを形成し、膜厚 $2\mu m$ のNiFeメッキ膜からなる下シールド層74をメッキ法で形成する。このメッキ成膜中は、下シールド層74の磁化容易軸が膜面内で信号磁界に垂直となるように、予め異方性付与磁界20をほぼ100.Oeの強度で印加しておく。続いて、レジストフレームを有機溶剤で除去し、NiFe下地膜をドライエッチング法で除去する。以下、フレームメッキ法に伴う、メッキ下地の成膜及び除去並びにレジスト除去の工程は、どこでもこれと同じであるので、その説明を省略する。続いて、膜厚100nmの Al_2O_3 からなるリードギャップ層80の下側部をスパッタ法で成膜し、磁気記憶媒体より信号磁界を検出するMR感磁素子78を形成する。なお、MR感磁素子78は、CoZrMo(20nm)/Ta(15nm)/NiFe(20nm)の三層構造からなるソフト・アジェイセント・レイヤMR素子である。さらに、膜厚80nmの Al_2O_3 からなるリードギャップ層80の上側部をスパッタ法で形成する。

【0037】プロセス(b) …図3(b)

下側の共通ボール層121のレジストフレームパターンを露光現像工程で形成し、膜厚 $1\mu\text{m}$ のNiFeメッキ膜からなる共通ボール層121をフレームメッキ法により形成する。このメッキ成膜中も、プロセス(a)と同じ異方性付与磁界20を印加しておく。

【0038】プロセス(c) …図3(c)

ギャップ深さDを規定する平面的に矩形状の凹部16を形成するために、矩形のレジストパターンを露光現像工程で形成し、膜厚 $1.5\mu\text{m}$ のNiFeメッキ膜からなる上側の共通ボール層122をメッキ法で形成する。このメッキ成膜中も、プロセス(a)と同じ異方性付与磁界20を印加しておく。メッキ終了後、矩形のレジストパターンを除去することにより、凹部16が形成される。

【0039】プロセス(d) …図4(d)

凹部16の部分にレジストからなる非磁性体18を埋め込むために、共通ボール層122の 1.5 倍の膜厚のレジストパターンを露光現像工程で形成する。続いて、オープン又はホットプレートを用い $100\sim120^\circ\text{C}$ かつ30分の熱処理によりレジストを軟化させ、これにより凹部16内部をレジストで埋め込む。続いて、さらに $250\sim270^\circ\text{C}$ かつ30分で熱硬化させる。この時点で、共通ボール層122の上部とレジストの上部とは、ほぼ平坦になる。

【0040】プロセス(e) …図4(e)

膜厚 350nm の Al_2O_3 膜をスパッタ法で成膜することにより、ライトギャップ層84を形成する。

【0041】プロセス(f) …図4(f)

膜厚 $4\mu\text{m}$ かつトラック幅(先端幅W) $1.2\mu\text{m}$ の上ポール層14を実現するため、NiFeメッキ膜からなる先端部141をフレームメッキ法により形成する。このメッキ成膜中に、膜面に垂直な異方性付与磁界22を約 500Oe 印加することにより、先端部141の磁化容易軸を膜面に垂直に形成する。

【0042】プロセス(g) …図5(g)

先端部141の膜厚とほぼ等しい膜厚の第一段差解消層86を、レジストパターンを露光現像工程で形成する。続いて、オープン又はホットプレートで $100\sim120^\circ\text{C}$ かつ30分の熱処理によりレジストを軟化させ、さらに $250\sim270^\circ\text{C}$ かつ30分でレジストを熱硬化させることにより第一段差解消層86を形成する。

【0043】プロセス(h) …図5(h)

所定の形状のレジストパターンを露光現像工程で形成した後、膜厚 $3\mu\text{m}$ のCuメッキ膜からなるコイルパターン88をメッキ法により形成する。

【0044】プロセス(i) …図5(i)

レジストパターンを露光現像工程で所定の形状に形成することにより、第二段差解消層90形成する。続いて、オープン又はホットプレートで $100\sim120^\circ\text{C}$ かつ30分の熱処理によりレジストを軟化させ、さらに $250\sim270^\circ\text{C}$ かつ60分でレジストを熱硬化させる。

【0045】プロセス(j) …図1

先端部141の後方の接続部143にヨーク部142が重なるように、ヨーク部142を形成するレジストフレームパターンを露光現像工程で形成する。続いて、フレームメッキ法により、先端部141と等しい膜厚 $3\mu\text{m}$ のNiFe膜からなるヨーク部142を形成する。このメッキ成膜中は、プロセス(a)と同じ異方性付与磁界20を印加しておく。

【0046】図6は薄膜磁気ヘッド10の磁区構造を示す説明図であり、図6〔1〕が平面図、図6〔2〕が正面図、図6〔3〕が側面図である。以下、この図面に基づき薄膜磁気ヘッド10の動作を説明する。

【0047】図6〔3〕に、先端部141の磁化容易軸141A、及び信号磁界110を示す。図6〔1〕に示すように、ヨーク部142は、従来の薄膜磁気ヘッドと同等の磁区構造を示す。一方、先端部141は、その磁気異方性の方向が膜面に垂直であるため、膜面に垂直な磁化方向141Bを持つ磁区構造を持つ。このような磁区構造を持つ上ポール層14に信号磁界110が印加されると、先端部141の磁化方向141Bが信号磁界110に対して垂直であるため、その磁化の変化は図12〔1〕に示した回転磁化モードとなる。

【0048】なお、以上の説明では信号磁界として外部からの印加磁界を例に述べてきた。しかし、実際の薄膜磁気ヘッド10での記録時には、上ポール層14に印加される磁界(励磁磁界)は、コイルパターン層88に流れる電流によって発生する。いうまでもないが、励磁磁界に対する先端部141の磁化応答は、外部からの信号磁界による磁化応答と同等である。

【0049】図7は、本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第二実施形態(凹部コーナ形状)を一部を省略して示す平面図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0050】図3(c)で示したプロセスにおいて、共通ボール層122に設けられた凹部16の水平方向の断面形状は矩形である。これに対して、本実施形態における凹部161は、図8に示すように、凹部161のABS面76側の淵の形状がABS面76に近づくにつれて狭くなっている。これにより、磁気抵抗を下げることができる。このとき、接続部143aは、凹部161の外形より小さくする。これにより、磁束の漏れが制限できるので、磁気記録効率の良いインダクティブ記録ヘッドが得られる。

【0051】図8は、本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第三実施形態(凹部円形)を一部を省略して示す平面図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0052】本実施形態における凹部162は、図9に示すように、水平方向の断面形状がほぼ円形になっている。これにより、磁気抵抗をさらに下げることができる。このとき、接続部143bは、凹部162の外形より小さい円形とする。これにより、磁束の漏れが制限で

きるので、磁気記録効率の良いインダクティブ記録ヘッドが得られる。

【0053】図9は本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第四実施形態（接続部かぶさり）を示し、図9（a）は一部を省略して示す正面図、図9（b）は図9（a）におけるX-X線縦断面図、図9（c）は一部を省略して示す平面図である。以下、これらの図面に基づき説明する。

【0054】ヨーク部142aは、接続部143c、143dを介して先端部141に接続されている。接続部143cは先端部141の上面であり、接続部143dは先端部141の両側面である。つまり、ヨーク部142aは、先端部141の外周を覆い、ライトギャップ層84にも接触している。本実施形態によれば、接続部における接触面積が大きいので、接続部での磁気抵抗を下げるができる。また、ヨーク部142aと先端部141とを接続する接続精度に対して十分な余裕がある。また、このような形状の場合でも、先端部141のトラック幅を規定する部分の形状は変わらないので、その磁区構造が接続部143c、143dの形状に影響されることはない。

【0055】図10は本発明に係る薄膜磁気ヘッドを用いた磁気記憶装置の一実施形態を示す概略構成図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0056】本実施形態の磁気記憶装置30は、第一実施形態の薄膜磁気ヘッド10、磁気記憶媒体32、磁気記憶媒体32を回転させるスピンドルモータ34、薄膜磁気ヘッド10を磁気記憶媒体32上で移動させるボイスコイルモータ36、図示しない上位装置からの指令に基づき動作する制御部38等によって構成されている。制御部38は、スピンドルモータ34及びボイスコイルモータ36を駆動するとともに、薄膜磁気ヘッド10によって磁気記憶媒体32に対しデータの記録・再生を行う。

【0057】本実施形態の磁気記録装置は、薄膜磁気ヘッド10を用いているので、記録トラック幅が $1.2\mu\text{m}$ 以下である。このトラック幅で実現できる記録密度は4Gビット／（インチ）²以上である。そのため、3.5インチφディスクを用いれば、1枚あたり5Gバイト以上の高記録密度を有する磁気記録装置が容易に提供できる。

【0058】なお、本発明は、いうまでもなく、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、MR・インダクティブ複合型の薄膜磁気ヘッドに限らず、インダクティブ型のみからなる薄膜磁気ヘッド、MR型以外の再生ヘッドとインダクティブ型の記録ヘッドとの複合型薄膜磁気ヘッド等でもよい。また、下シールド層としては、NiFeのメッキ膜に限らず、例えばFeAlSi、CoZrTa、FeTa₂N等のスパッタ膜でもよい。

【0059】

【発明の効果】本発明に係る薄膜磁気ヘッドによれば、ABS面における上ポール層の先端部の磁化容易軸を先端部の膜厚方向に一致させたことにより、先端部の磁化方向を信号磁界に対して垂直にできるので、磁化回転モードの磁界／磁化配置を実現できる。したがって、従来技術により狭トラック化した場合に生じる磁壁移動モードの磁界／磁化配置を回避できるので、狭トラック化した場合における励磁磁界応答の高周波特性を向上できる。

10 【0060】また、ABS面から離れた位置の下ポール層又は共通ポール層に凹部が設けられ、この凹部に非磁性体が充填され、この凹部によってギャップ深さが規定されていることにより、ABS面から第一段差解消層の先端までの距離によってギャップ深さが規定されない。そのため、第一段差解消層をABS面から十分に離すことができるので、上ポール層の先端部を形成するためのレジストフレームパターンは、第一段差解消層等の段差によって膜厚が大きくなったり、第一段差解消層等の反射光によってオーバー露光になったりすることがない。

20 したがって、ギャップ深さ及び先端幅を精度良く微細化することができるので、狭トラック化を容易に達成できる。例えば、従来技術では、Hgのg線露光で $1.7\mu\text{m}$ のトラック幅を形成するのが限界であった。これに対し、本発明では、 $1.2\mu\text{m}$ トラック幅を容易に形成できる。Hgのi線による縮小投影露光方法を本発明に適用すると、 $0.8\mu\text{m}$ 以下のサブミクロンの狭トラック記録ポール先端部の形成が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第一実施形態を示す、図2におけるI-I線縦断面図である。

【図2】図1の薄膜磁気ヘッドを示す、一部を省略した斜視図である。

【図3】図1の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例を示す断面図であり、図3（a）、図3（b）、図3（c）の順に工程が進行する。

【図4】図1の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例を示す断面図であり、図4（d）、図4（e）、図4（f）の順に工程が進行する。

【図5】図1の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例を示す断面図であり、図5（g）、図5（h）、図5（i）の順に工程が進行する。

【図6】図1の薄膜磁気ヘッドの磁区構造を示す説明図であり、図6〔1〕が平面図、図6〔2〕が正面図、図6〔3〕が側面図である。

【図7】本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第二実施形態（凹部コーナ形状）を一部を省略して示す平面図である。

【図8】本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第三実施形態（凹部円形）を一部を省略して示す平面図である。

50 【図9】本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第四実施形態

(接続部かぶさり)を示し、図9(a)は一部を省略して示す正面図、図9(b)は図9(a)におけるX-X線縦断面図、図9(c)は一部を省略して示す平面図である。

【図10】本発明に係る薄膜磁気ヘッドを用いた磁気記憶装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【図11】従来の薄膜磁気ヘッドを示す断面図である。

【図12】磁性薄膜の磁区構造を示す説明図であり、図12〔1〕は磁化回転モードであり、図12〔2〕は磁壁移動モードである。

【図13】磁性薄膜の透磁率の周波数依存性を示すグラフである。

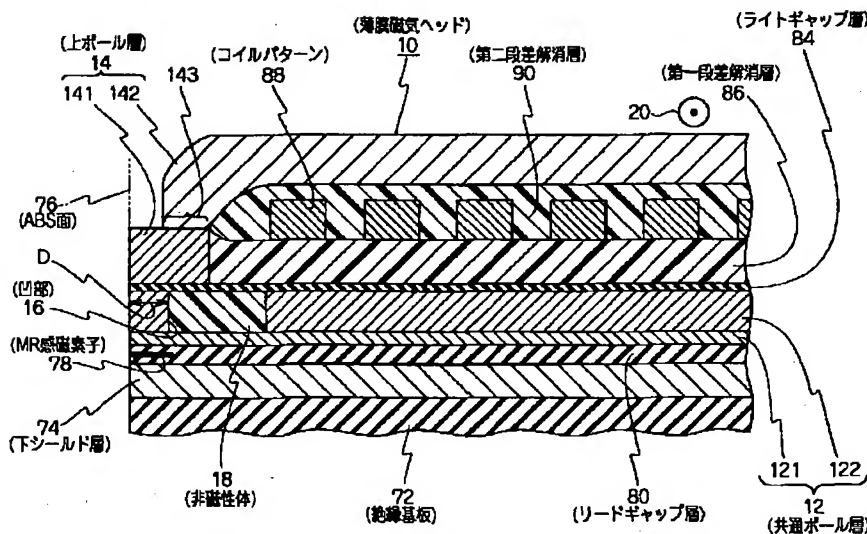
【図14】従来の薄膜磁気ヘッドの磁区構造を示す説明図であり、図14〔1〕が平面図、図14〔2〕が正面図である。

【図15】狭トラックにした場合の従来の薄膜磁気ヘッドの磁区構造を示す説明図であり、図15〔1〕が平面図、図15〔2〕が正面図である。

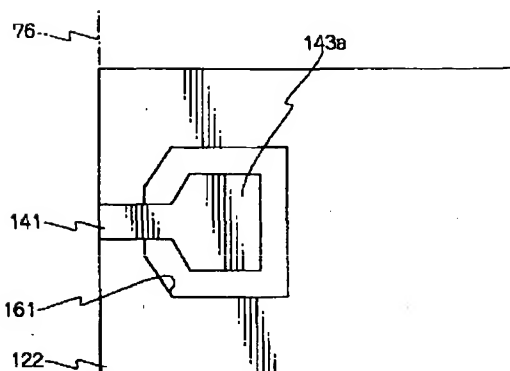
【符号の説明】

- 10 薄膜磁気ヘッド
- 12 共通ボール層
- 14 上ボール層
- 16 凹部
- 18 非磁性体
- 72 絶縁基板
- 74 下シールド層
- 76 ABS面
- 78 MR感磁素子
- 80 リードギャップ層
- 84 ライトギャップ層
- 86 第一段差解消層
- 88 コイルパターン層
- 90 第二段差解消層
- 100 ギャップ深さ
- W 先端幅

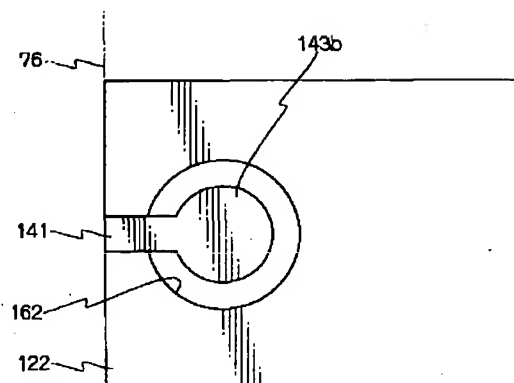
【図1】



【図7】



【図8】



[illegible]

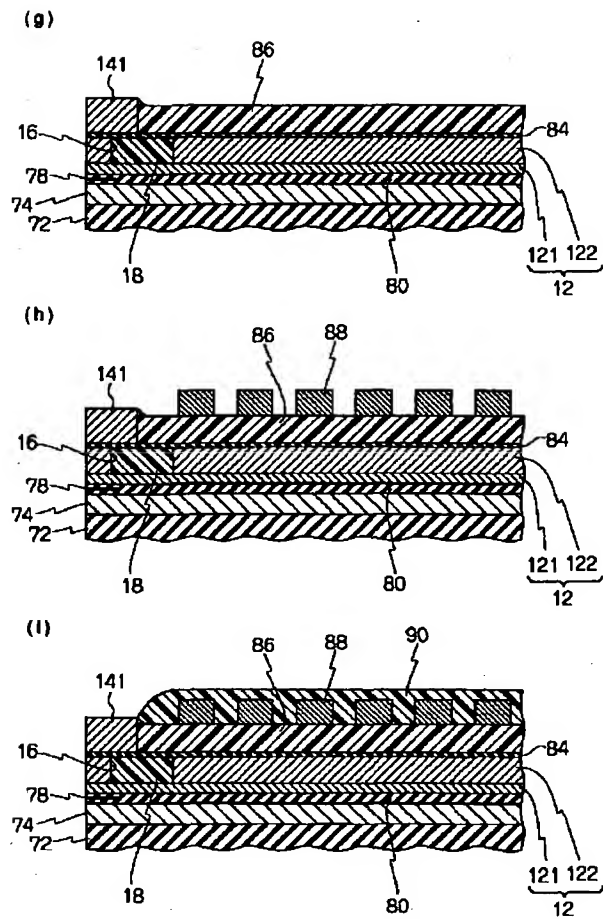
Figure 1 consists of three cross-sectional views of a semiconductor device, labeled (a), (b), and (c).

(a) shows a substrate 20 with a layer 80 on top. The layer 80 is divided into three regions: 72, 74, and 78. Region 72 is the bottom layer, region 74 is the middle layer, and region 78 is the top layer.

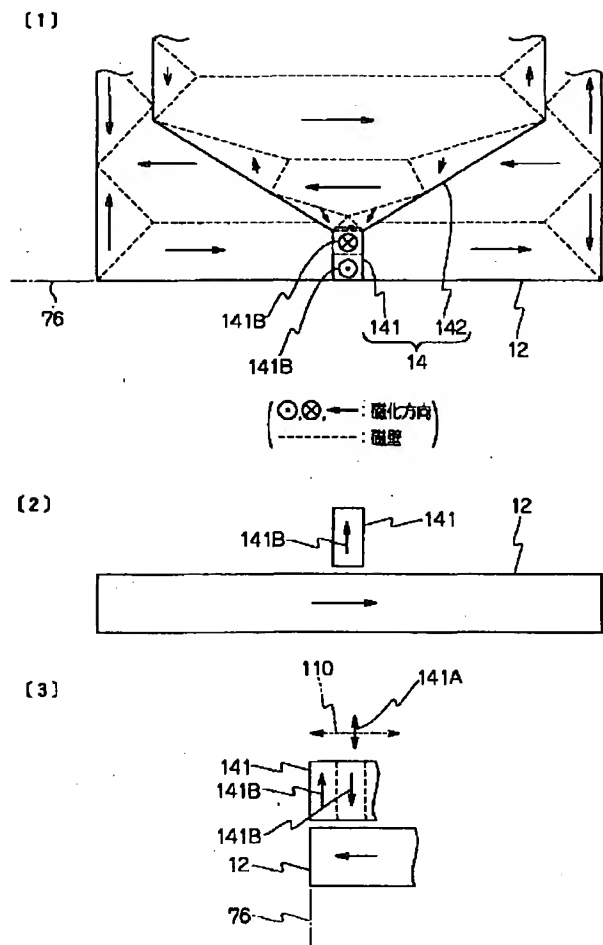
(b) shows a similar structure to (a), but with a layer 121 on top of layer 80. The layer 121 is divided into two regions: 121 and 122. The substrate 20 is also shown.

(c) shows a more complex structure. It includes a layer 12 on top of layer 80. The layer 12 is divided into two regions: 121 and 122. A region 16 is also shown on top of layer 12. A region D is shown on the side of layer 12. The substrate 20 is also shown.

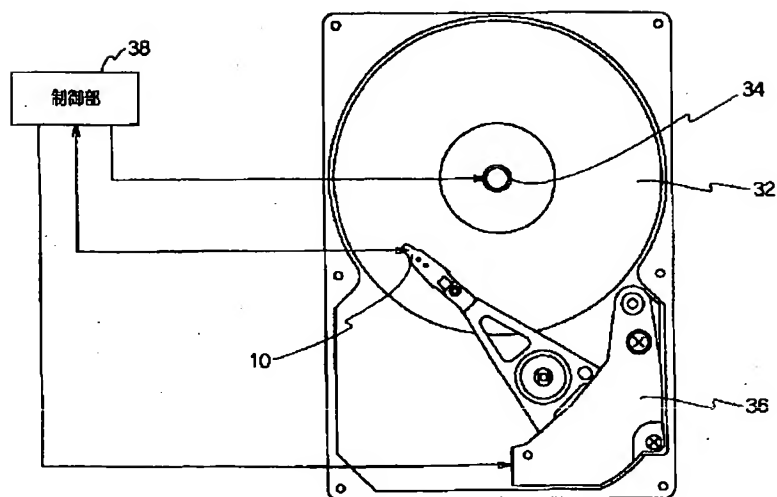
【図 5】



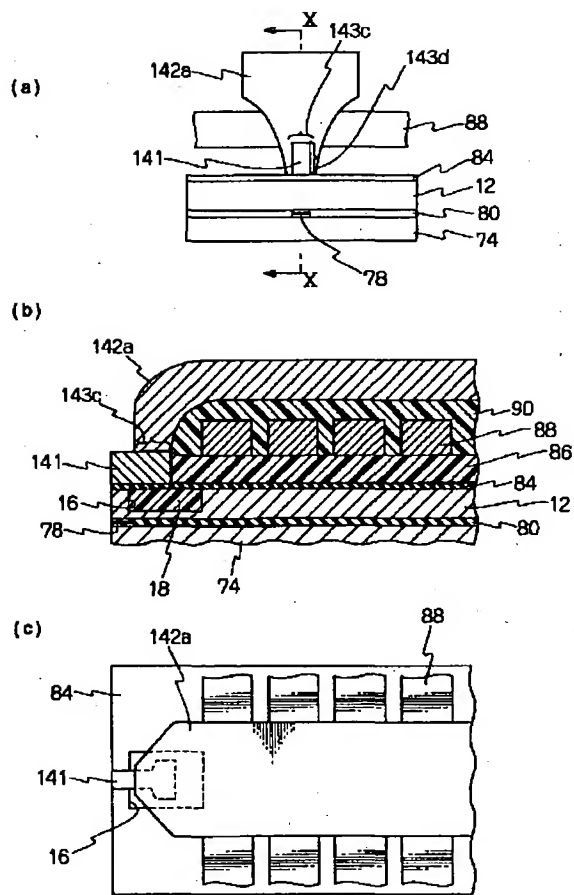
【図 6】



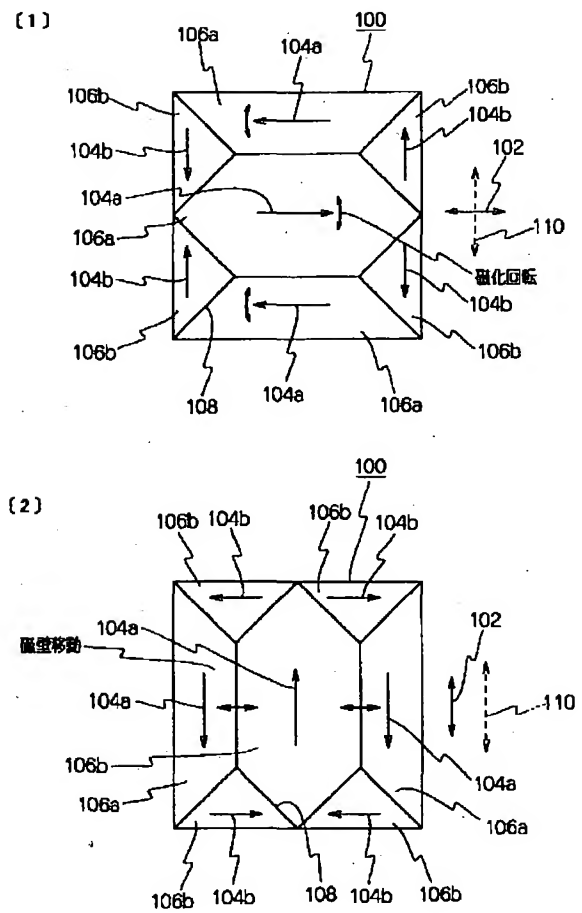
【図 10】



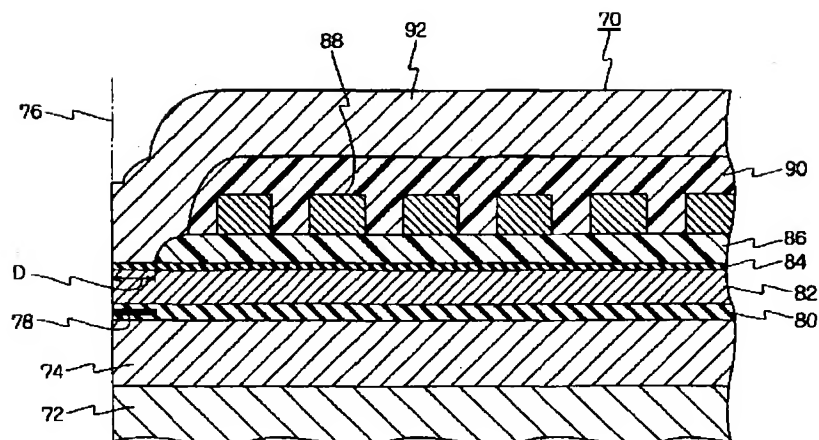
【図 9】



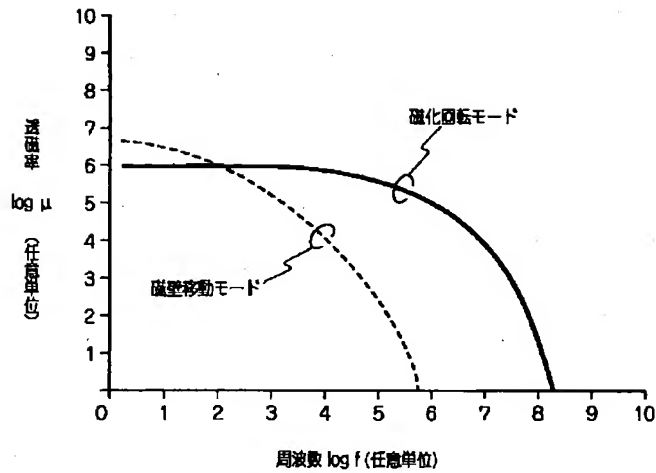
【図 12】



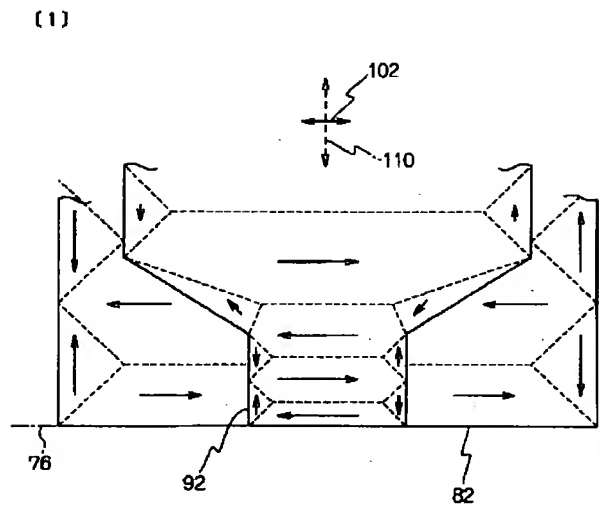
【図 11】



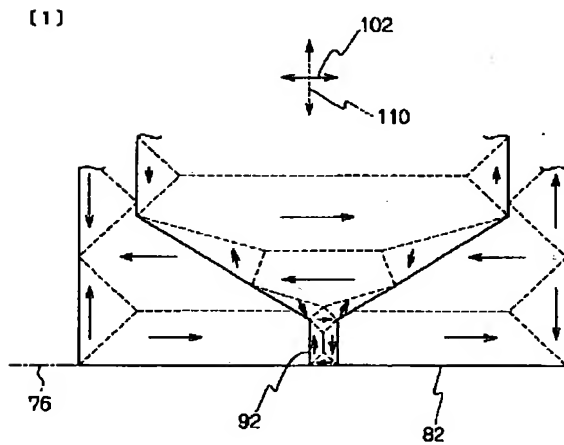
【図13】



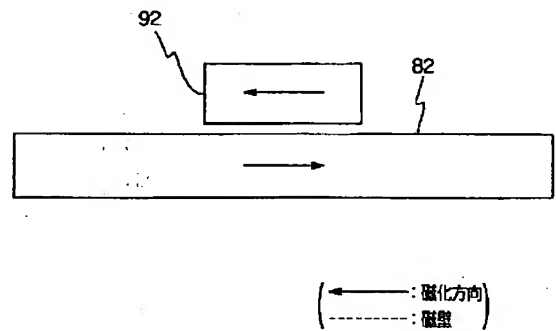
【図14】



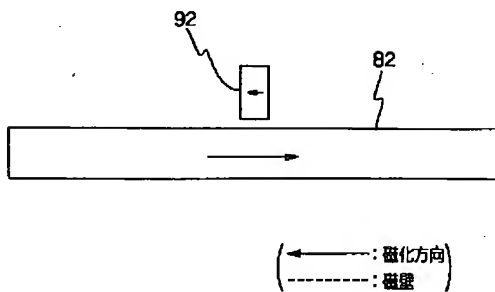
【図15】



【2】



【2】



フロントページの続き

(72)発明者 鳥羽 環
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
式会社内

Fターム(参考) 5D033 BA08 BA12 BB43 CA01 DA02
DA31
5D034 AA02 BA03 BB02 CA06 DA07